

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Februar 2003 (20.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/015186 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 35/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/02755**

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juli 2002 (26.07.2002)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
101 37 504.2 31. Juli 2001 (31.07.2001) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ENOCEAN GMBH** [DE/DE]; Kolpingring 18a, 82041 Oberhaching (DE).

(72) Erfinder; und

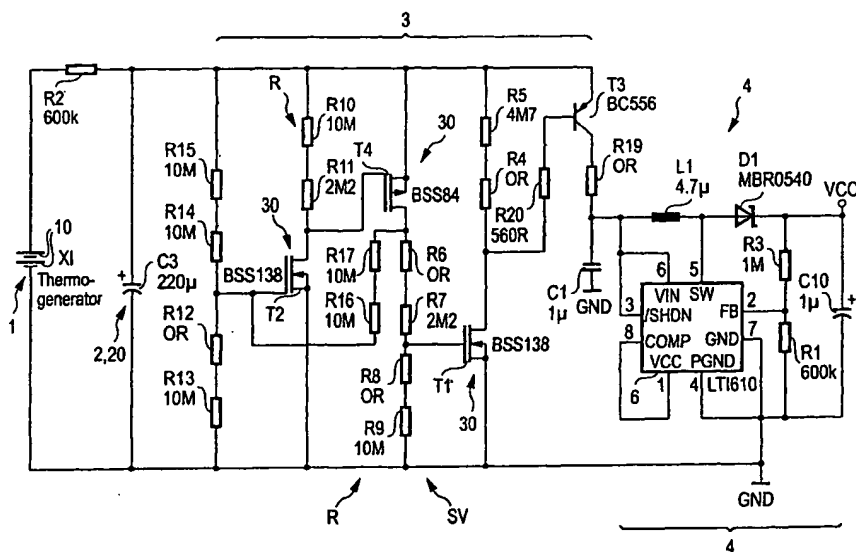
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ALBSMEIER, Andre** [DE/DE]; Waldmüllerstr. 15, 81479 München (DE). **BULST, Wolf-Eckardt** [DE/DE]; Hermann-Pünder-Strasse 15, 81739 München (DE). **PISTOR, Klaus** [DE/DE]; Haarstr. 9, 83623 Linden (DE). **SCHMIDT, Frank** [DE/DE]; Anzinger Str. 11, 85604 Zorneding (DE). **SCZESNY, Oliver** [DE/DE]; Johann-Wieser-Ring 23, 85609 Aschheim (DE). **SEISENBERGER, Claus** [DE/DE]; Angersöd 1, 84181 Neufrahnhofen (DE). **VOSSIEK, Martin** [DE/DE]; An der Renne 18, 31139 Hildesheim (DE).

(74) Anwalt: **EPPING, HERMANN & FISCHER**; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **THERMALLY DRIVEN POWER SUPPLY**

(54) Bezeichnung: **THERMISCH ANTREIBBARE SPANNUNGSVERSORGUNG**



(57) Abstract: The invention relates to a power supply (SV) that comprises at least one thermoelectric converter (1) with an energy accumulator (2) mounted downstream thereof, and a low-power activation unit (3) for monitoring the charge condition of the energy accumulator (2) and for the charge-dependent switching of an output signal of the energy accumulator (2). The inventive power supply is especially suitable for click sensors, and the activation unit is designed as an extremely power-saving element, for example by means of normally off FETs.

(57) Zusammenfassung: Die Spannungsversorgung (SV) weist mindestens einen thermoelektrischen Wandler (1) mit nachgeschaltetem Energiespeicher (2), und einer leistungsarmen Aktivierungseinheit (3) zur Überwachung des Ladezustands des Energiespeichers (2) und zur ladezustandsabhängigen Schaltung eines Ausgangssignals des Energiespeichers (2) auf. Insbesondere geeignet für Knacksensoren, die Aktivierungseinheit ist extrem stromsparend ausgeführt, z.B. mittels selbstsperrender FETs.

WO 03/015186 A2



(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Thermisch antreibbare Spannungsversorgung

Die Erfindung betrifft eine thermisch antreibbare Spannungsversorgung sowie eine thermisch antreibbare Vorrichtung unter

5 Verwendung der Spannungsversorgung

In WO 98/36395 A2 ist eine Anordnung zur Erzeugung kodierter Hochfrequenzsignale beschrieben, bei der zur Spannungserzeugung ein Thermoelement-Paar ("Thermopaar") oder ein pyro-
10 elektrischer Wandler zur Umwandlung thermischer Prozessenergie in elektrische Energie verwendet wird. Diese elektrische Energie wird mittels eines Elements mit nichtlinearer Kennlinie in hochfrequente Energie umgesetzt; ein solches Element kann eine Funkenstrecke oder ein Halbleiterbauelement
15 sein. Das hochfrequente Signal wird sodann mittels einer Kodierungseinrichtung kodiert. Als Kodierungseinrichtung werden Wandler und Filter, z. B. OFW-Filter, beschrieben. Auch beschrieben ist die Möglichkeit, die Anordnung abhängig von einem Umgebungsparameter, z. B. der Umgebungstemperatur, aus-
20 zulösen.

Bisher werden Thermopaare als nicht geeignet angesehen, eine elektronische Schaltung, z. B. eine Ablaufsteuerung aus Halbleiter-Bauelementen, zu betreiben, weil diese jeweils nur ei-
25 ne kleine Spannung von bestenfalls ca. 0,5 mV/Grad abgeben. Um auch bei einer geringen Temperaturdifferenz ΔT eine Spannung zu erreichen, die zum Betrieb einer elektronischen Schaltung geeignet ist, müssten somit bisher mehrere Hundert Thermopaare zu einem sogenannten Thermogenerator in Reihe ge-
30 schaltet werden. Dies ist kostengünstig nur in einer Mikrotechnologie wie z. B. der Dünnschichttechnik möglich; durch die daraus resultierenden kleinen Abmessungen der Thermopaare ergibt sich jedoch ein hoher Innenwiderstand des Thermogenerators in der Größenordnung von 1 M Ω , so dass dieser bei

einer Spannung von 1 V höchsten seinen Strom von 1 μ A abgeben kann, was zum Betrieb einer elektronischen Schaltung bisher bei weitem zu wenig ist.

- 5 Bisher wird aufgrund dieses Problems eine thermisch antreibbare Spannungsversorgung nur bei relativ großen nutzbaren Temperaturdifferenzen oder durch den Einsatz von kostspieligen Thermogeneratoren mit großem Querschnitt der Thermoelemente bei gleichzeitig großer Elementenzahl realisiert.

10

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine vereinfachte Möglichkeit zum thermoelektrischen Antrieb einer elektronischen Schaltung, insbesondere einer Ablaufschaltung, bereitzustellen.

15

Diese Aufgabe wird mittels einer thermisch antreibbaren Spannungsversorgung nach Anspruch 1 sowie einer Vorrichtung nach Anspruch 7 gelöst.

- 20 Die thermisch antreibbare Spannungsversorgung weist mindestens einen thermoelektrischen Wandler, z. B. ein Thermopaarsystem oder einen pyroelektrischen Wandler auf. Dem Wandler ist ein Energiespeicher nachgeschaltet, z. B. ein Kondensator oder Akkumulator. Mittels einer extrem leistungsarmen Aktivierungseinheit wird der Ladezustand des Energiespeichers
25 überwacht und ladezustandsabhängig ein Ausgangssignal des Energiespeichers geschaltet, z. B. eine Verbindung mit einer elektronischen Schaltung an- oder ausgeschaltet. Beispielsweise kann das Aktivierungselement bei Erreichen einer
30 Schwellspannung einen (separaten oder integrierten) Spannungswandler und einen Verbraucher zuschalten (Spannungsüberwachung). Der optionale Spannungswandler steuert das Ausgangssignal der Spannungsversorgung so, dass ein jeweiliger Verbraucher betreibbar ist; z. B. kann der Spannungswandler
35 das Ausgangssignal innerhalb eines zum Betrieb einer elektronischen Schaltung, z. B. einer elektronischen Ablaufsteuerung, benötigten Spannungsbereichs halten.

Dabei wird davon ausgegangen, dass die elektronische Schaltung oder ein anderer Verbraucher nicht permanent betrieben werden muss, also variabel zuschaltbar ist, so dass die schon
5 bei einer kleinen Temperaturdifferenz ΔT vom Wandler erzeugte kleine Strommenge zum Aufladen des Energiespeichers, verwendet wird. Dazu wird bevorzugt ein Wandler eingesetzt, der eine hohe Spannung liefert, z. B. in der Größenordnung von 1 V.

- 10 Der thermoelektrische Wandler bzw. Thermogenerator besteht bevorzugt aus einer Reihenschaltung von Thermopaaren oder einem pyroelektrischen Element. Der thermoelektrische Wandler ist vorzugsweise in Mikrotechnologie, z. B. in Dünnschicht-
15 Wandlern kostengünstig herstellen lässt.

Der Energiespeicher ist bevorzugt ein Kondensator mit extrem geringem Leckstrom, der weit unter $1 \mu A$, einem typischen Wert der erzeugten Ströme, liegen muss. Bevorzugt wird ein Ener-
20 giespeicher mit einem Leckstrom $< 0,1 \mu A$. Bevorzugt wird ein Kondensator mit einem Kunststoff, z. B. Polypropylen oder Polystyrol, als Dielektrikum oder ein Oxiddielektrikum. Der Kondensator ist günstigerweise langfristig sehr hochohmig aufgebaut.

25

- Das Aktivierungselement ist bevorzugt eine elektronische Schaltung, welche selbstsperrende Feldeffekttransistoren als Schaltelemente aufweist, insbesondere falls diese nach einem Rückkopplungsprinzip miteinander geschaltet sind, z. B. zum
30 Erreichen einer bestimmten Schaltcharakteristik. Dabei ist das Aktivierungselement günstigerweise so aufgebaut, dass es bereits bei einem Versorgungsstrom von weit unter $1 \mu A$, insbesondere bei einem Versorgungsstrom $< 0,25 \mu A$, arbeitet. Das Aktivierungselement kann mit diskreten und/oder integrierten
35 Bauelementen realisiert sein. Günstig ist es auch, falls das Aktivierungselement einen Spannungswandler zur Steuerung, z. B. zum Konstanthalten, der Ausgangsspannung aufweist.

Das Aktivierungselement kann aber auch in anderen Formen realisiert sein, z. B. mittels eines oder mehrerer elektrostatischer Miniaturschaltern, sofern die geforderte geringe
5 Stromaufnahme erfüllt wird.

Anwendungsbeispiele des Spannungsgenerators sind:

- 10 - Spannungsversorgung von Temperatursensoren zur Heizkostenverteilung;
- Spannungsversorgung von Sensoren im Haushalt, insbesondere in Kochgeschirren, Herden, Kühlschränken und anderen Haushaltgeräten;
- 15 - Spannungsversorgung von Sensoren in der Verkehrstechnik, z. B. im Kfz;
- Spannungsversorgung von Sensoren in der Produktion und Lagerung.

20 Diese Liste ist selbstverständlich nicht vollständig, vielmehr ist der Spannungsgenerator auch auf anderen Anwendungsgebiete einsetzbar.

Als Sensoren kommen z. B. Vorrichtungen in Frage, die ihre Messwerte über Funk, z. B. Knacksensoren, oder per Draht, z.
25 B. mittels PLC ("Power Line Communication") absetzen.

Der Verbraucher ist günstigerweise in ULP-Bauweise ausgeführt mit einem Energieverbrauch unter 500 mWs pro Arbeitszyklus, bevorzugt mit einem Energieverbrauch unter 300 mWs pro Arbeitszyklus.
30

In den folgenden Ausführungsbeispielen wird der Spannungsgenerator schematisch näher dargestellt.

35 Figur 1 zeigt skizzenhaft in zwei Teilfiguren den Aufbau einer thermisch antreibbaren Vorrichtung unter Verwendung des Spannungsgenerators;

Figur 2 zeigt ein Schaltbild einer Aktivierungseinheit.

Figur 1a zeigt eine thermisch antreibbare Vorrichtung K mit einer thermisch antreibbaren Spannungsversorgung SV und einem Verbraucher 5. Die Spannungsversorgung SV beinhaltet einen thermoelektrischen Wandler 1, einen an dessen Ausgang angeschlossenen Energiespeicher 2 und ein Aktivierungselement 3 mit integriertem Spannungswandler 4.

- 10 In diesem Ausführungsbeispiel ist der thermoelektrische Wandler 1 als Satz von in Dünnschichttechnologie ausgeführten Thermopaaren 10 ausgeführt. Der Energiespeicher 2 ist ein hochohmig aufgebauter Kondensator mit einem Oxid-Dielektrikum 20. Das Aktivierungselement 3 ist mit Hilfe von Feldeffekttransistoren 30 realisiert, wobei ein Rückkopplungsprinzip zum Erreichen der gewünschten Schaltcharakteristik eingesetzt wird. In das Aktivierungselement 3 integriert ist ein Spannungswandler 4 in Form eines Schaltwandlers. Der Verbraucher 5 ist in ULP- ("Ultra Low Power") Technik ausgeführt und umfasst hier eine elektronische Ablaufsteuerung mit Identifizierungsmöglichkeit, z. B. einem in einem Speicher M, z. B. EEPROM, gespeicherten Identcode, und einen Sender 8 zum Senden eines Sendetelegramms.
- 25 In Figur 1b ist der Spannungswandler 4 dem Aktivierungselement 3 als separater Baustein nachgeschaltet.

Figur 2 zeigt eine Schaltskizze einer Spannungsversorgung SV mit einem Strombedarf einer Spannungsüberwachung als Aktivierungseinheit 3 von weniger als 200 nA.

Der thermoelektrische Wandler 1 aus in Serie geschalteten Thermopaaren 10 ist parallel zu einem Kondensator 20 angeschlossen. Dazu wiederum parallel angeschlossen ist das Aktivierungselement 3 mit Feldeffekttransistoren 6, die über Wi-

6

derstände R so verdrahtet sind, dass sie rückgekoppelt miteinander in Wechselwirkung stehen. Daran angeschlossen ist ein Spannungswandler 4, der einen bestimmten Schwellwert detektiert und nach dessen Erreichen eine Spannung an seinen
5 Ausgang aufgibt; die Schaltung wird mittels eines Logikbausteins 7 gesteuert.

Figur 3 zeigt skizzenhaft ein Diagramm eines Verbrauchers 5.

- 10 Der Verbraucher 5 umfasst eine in Halbleitertechnik, z. B. als ASIC, ausgeführte Ablaufsteuerung, an die ein Speicher M angeschlossen ist, der einen Identcode speichert. An die Ablaufsteuerung ist mindestens ein Sensor 9 gekoppelt. Mittels der Ablaufsteuerung 7 wird zum Sendezeitpunkt, der z. B.
15 durch das Zuschalten der Spannungsversorgung SV gegeben ist, ein Sendetelegramm erstellt, das Messdaten des Sensor 9 und den Identcode enthalten kann. Das Sendetelegramm wird dann über eine Sendestufe 8 mit angebrachter Antenne 81 abgestrahlt.

Patentansprüche

1. Thermisch antreibbare Spannungsversorgung (SV), aufweisend
 - mindestens einen thermoelektrischen Wandler (1),
 - 5 - ein dem Wandler (1) nachgeschalteter Energiespeicher (2),
 - eine leistungsarme Aktivierungseinheit (3) zur Überwachung des Ladezustands des Energiespeichers (2) und zur ladezustandsabhängigen Schaltung eines Ausgangssignals des Energiespeichers (2).
- 10 2. Spannungsversorgung (SV) nach Anspruch 1, deren thermoelektrischer Wandler (1) einen Satz von Thermopaaren (10) in Mikrotechnologie umfasst.
- 15 3. Spannungsversorgung (SV) nach einen der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Aktivierungseinheit (3) mindestens zwei Feldeffekttransistoren (6) aufweist, die miteinander rückkopplend geschaltet sind.
- 20 4. Spannungsversorgung (SV) nach einen der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Aktivierungseinheit (3) mindestens einen elektrostatischen Miniaturschalter aufweist.
- 25 5. Spannungsversorgung (SV) nach einen der vorhergehenden Ansprüche, welche einen Spannungswandler (4) zur Steuerung eines Ausgangssignals aufweist.
- 30 6. Thermisch antreibbare Vorrichtung (K,K'), umfassend mindestens eine Spannungsversorgung (SV) und mindestens einen daran angeschlossenen Verbraucher (V) in ULP-Technik.
7. Thermisch antreibbare Vorrichtung (K,K'), bei der der Verbraucher (V) mindestens eine Ablaufsteuerung und einen diesem nachgeschalteten Sender umfasst, insbesondere, falls

8

die Ablaufsteuerung einen Speicher mit Identifizierungscode umfasst.

FIG 1a

K

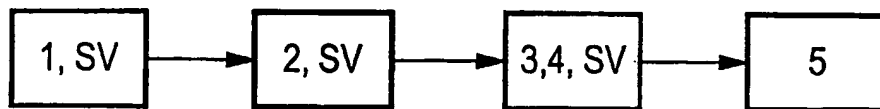



FIG 1b

K'

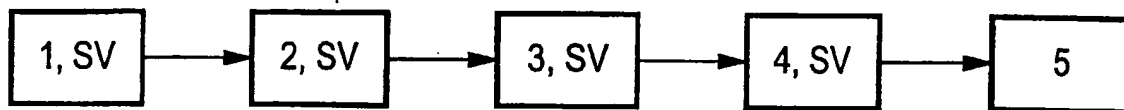
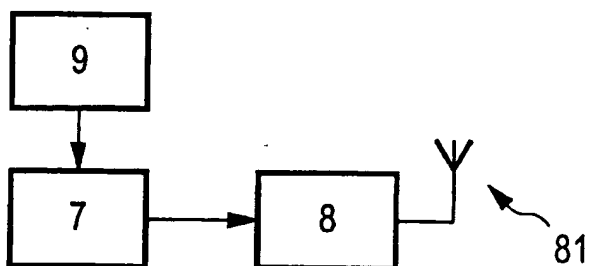



FIG 3



2/2

FIG 2

